Pêches et Océans Canada
Fisheries and Oceans Canada

Sciences des écosystèmes et des océans
Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région du Pacifique
Avis scientifique 2015/053

ÉLABORATION D'INDICATEURS FONDÉS SUR LES RISQUES POUR LA ZONE DE PROTECTION MARINE DU CHAMP HYDROTHERMAL ENDEAVOUR À L'AIDE DU CADRE D'ÉVALUATION DU RISQUE ÉCOLOGIQUE

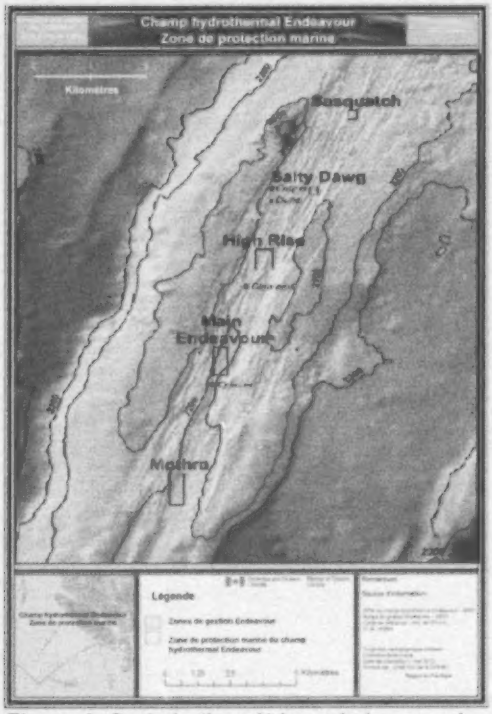

Figure 1. Carte bathymétrique de la zone de protection marine du champ hydrothermal Endeavour. (Pêches et Océans Canada 2015)

Figure 2. Fumeur noir du complexe The Faulty Towers dans le champ de griffons Mothra, dans la zone de protection marine du champ hydrothermal Endeavour (47° 55,4273' N 129° 6,5253' O; 2270,8 m) (Source : Canadian Scientific Submersible Facility – ROPOS/NEPTUNE Canada)

Contexte

La Loi sur les océans et la Stratégie sur les océans du Canada exigent que Pêches et Océans Canada (MPO) dirige l'élaboration et la mise en œuvre d'une approche écosystémique de précaution, intégrée et durable, en matière de gestion des océans. Une étape essentielle vers la réalisation de ces engagements est l'application d'un cadre d'analyse axé sur les risques afin de déterminer les problèmes de gestion et en établir les priorités, et servir de base à l'élaboration d'objectifs de conservation, de stratégies de gestion et de plans d'action pour les zones étendues de gestion des océans (ZEGO) et les zones de protection marine (ZPM).

Un cadre en cinq étapes pour l'établissement d'indicateurs de rendement dans la ZPM du champ hydrothermal Endeavour a été élaboré et révisé (MPO 2011), et le cadre d'évaluation du risque écologique a été utilisé pour dresser une liste des composantes importantes de l'écosystème (CIE), classées en fonction de leurs cotes de risque estimées d'après l'exposition aux activités anthropiques et aux agents de stress connexes dans la ZPM

Canada

du champ hydrothermal Endeavour (MPO 2015). La liste des CIE classées selon le risque vise à appuyer l'élaboration d'indicateurs fondés sur les risques pour surveiller les progrès réalisés par rapport à l'atteinte des objectifs de conservation dans la ZPM du champ hydrothermal Endeavour, tandis que les activités et les agents de stress qui régissent la cotation des risques serviront de fondement à l'élaboration de plans de surveillance.

La détermination des indicateurs, des stratégies de surveillance et des plans pour évaluer l'atteinte des objectifs de conservation constitue une composante fondamentale de la planification des ZPM et de leur mise en œuvre dans les eaux marines canadiennes du Pacifique. Les indicateurs proposés par l'entremise de ces travaux pour la ZPM du champ hydrothermal Endeavour pourront être utilisés une fois que les objectifs de conservation opérationnels auront été établis.

Le présent avis scientifique découle de la réunion des 20 et 21 mai 2015 sur l'Élaboration d'indicateurs fondés sur les risques pour les zones de protection marines du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) et du champ hydrothermal Endeavour à l'aide du cadre d'analyse du risque écologique. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques du secteur des Sciences de Pêches et Océans Canada (MPO).

SOMMAIRE

- On a examiné un cadre fondé sur les risques visant à sélectionner les indicateurs écologiques et à en établir l'ordre de priorité, à l'aide des extrants d'une application du cadre d'évaluation du risque écologique (CERE) (O *et al.* 2015), ainsi que d'un ensemble d'indicateurs fondés sur les risques proposé pour la ZPM du champ hydrothermal Endeavour (ZPM CHE)
- Les indicateurs fondés sur les risques permettent de surveiller le risque de dommages aux CIE attribuables à des activités anthropiques et aux agents de stress connexes, et ils peuvent fournir de l'information sur les interactions entre CIE et agents de stress, et aux CIE les plus à risque. Ces indicateurs peuvent être propres aux CIE, propres à un agent de stress, ou propres à une interaction CIE/agents de stress.
- Les ensembles d'indicateurs fondés sur les risques proposés pour les agents de stress *actuels* (prévisibles et qui se déroulent la plupart des années) et les agents de stress *potentiels* (imprévisibles et qui se produisent rarement) peuvent soutenir l'élaboration de stratégies et de plans pour surveiller les répercussions des activités anthropiques dans la ZPM CHE. Il est recommandé que les indicateurs des deux catégories d'agents de stress (*actuels* et *potentiels*) soient considérés comme si chaque catégorie représentait différents types de risques, états des connaissances et besoins en matière de gestion pour assurer une surveillance efficace.
- Le cadre pour la sélection des indicateurs fondés sur les risques décrit clairement les procédures à suivre pour établir l'ordre de priorité et choisir les indicateurs, ainsi que le processus décisionnel dans le contexte de l'application du cadre. Ces éléments du cadre de gestion appuient l'obtention de résultats comparables entre les utilisateurs et lorsqu'il est appliqué à d'autres ZPM ou unités de gestion.
- Les indicateurs liés aux mesures de l'abondance sont proposés dans la plupart des ensembles d'indicateurs, ce qui fait ressortir une importante lacune dans les données sur la ZPM CHE : la nécessité d'établir des données de référence (p. ex., biologie, habitat) pour toutes les CIE. Il est recommandé que des données de référence adéquates soient recueillies à l'avenir, et que la disponibilité de l'information rétrospective tirée des activités de recherche qui remontent à 1984 soit examinée, cataloguée et évaluée en fonction de son utilité à établir des changements temporels jusqu'à aujourd'hui.
- Il est recommandé de surveiller simultanément une combinaison des interactions CIE/agents de stress, les indicateurs des CIE, de même que les indicateurs des agents de stress, car il est nécessaire d'établir des données de référence sur les CIE et de mesurer simultanément les impacts de la perturbation afin de séparer la variation naturelle de la variation anthropique. La

surveillance des indicateurs propres aux CIE et aux agents de stress fournit des données de référence, et la surveillance des indicateurs des interactions CIE/agents de stress fournit de l'information sur les perturbations.

- L'ensemble d'indicateurs *actuels* mesure directement les interactions entre les CIE et les agents de stress. Les indicateurs les plus instructifs des activités et agents de stress *actuels* sont les indicateurs des interactions CIE/agents de stress, suivis des indicateurs des CIE et de ceux des agents de stress. Par exemple, dans le cas du ver à tube *Ridgeia piscesae* (flux élevé) (CIE) exposé au retrait d'organismes (agent de stress) à cause de l'échantillonnage (activité), la biomasse des organismes prélevés est un indicateur de l'interaction CIE/agent de stress, l'abondance est proposée en tant qu'indicateur propre à la CIE, et la superficie sur laquelle les organismes ont été prélevés sur une cheminée est un indicateur proposé propre à l'agent de stress.
- Les indicateurs des interactions CIE/agents de stress *potentielles* sont moins précis que les indicateurs des interactions CIE/agents de stress *actuelles*. L'occurrence des agents de stress *potentiels* est imprévisible, et l'incertitude est élevée quant à l'exposition et aux conséquences de ces interactions lorsqu'elles se manifestent. Il est recommandé de considérer un processus en deux étapes pour surveiller les ensembles d'indicateurs des agents de stress *potentiels* :
  (1) établir des données de référence sur l'abondance de la population et l'exposition possible à un agent de stress à l'aide d'indicateurs propres aux CIE et aux agents de stress avant l'occurrence d'un agent de stress;
  (2) lorsque l'agent de stress potentiel se manifeste, utiliser les indicateurs des interactions CIE/agents de stress, et comparer ces valeurs avec les données de référence établies pour mesurer la perturbation.
- L'efficacité des indicateurs proposés à mesurer les changements aux CIE qui résultent d'interactions avec les agents de stress ne sera pas pleinement déterminée avant le début de la surveillance. On recommande que le rendement des indicateurs proposés soit évalué en fonction de leur capacité à suivre les propriétés d'intérêt (dans le cas présent, les impacts des agents de stress et l'établissement de données de référence sur la population pour les CIE) et de leur capacité à détecter ou à prévoir des tendances dans les paramètres.
- Un grand nombre des indicateurs proposés peuvent être mesurés et surveillés simultanément au cours de la même période opérationnelle en raison du chevauchement de l'aire de répartition de plusieurs CIE dans la ZPM CHE.
- Il est recommandé que les protocoles d'échantillonnage des indicateurs dans la ZPM CHE mettent l'accent sur des méthodes d'échantillonnage non destructives, y compris l'utilisation d'outils à distance comme les câbles d'observation, et que les champs de griffons soient considérés comme un échantillon pour la collecte de données (conformément à la pratique actuelle). Une approche progressive est recommandée afin de réduire au minimum la fréquence et l'étendue de la surveillance destructrice. Par exemple, pour estimer la biomasse des CIE, il vaut mieux s'en tenir aux périodes et aux emplacements de la surveillance visuelle en cours.
- Il est recommandé d'utiliser une approche itérative pour élaborer les objectifs de conservation opérationnels afin de préciser la liste des indicateurs fondés sur les risques proposés, et de sélectionner les indicateurs écosystémiques dans la ZPM CHE.

INTRODUCTION

La *Loi sur les océans* du Canada et la Stratégie sur les océans engagent le MPO à diriger l'élaboration et la mise en œuvre d'une approche écosystémique intégrée, durable et prudente en matière de gestion des océans. Une étape essentielle vers la réalisation de ces engagements est l'application d'un cadre d'analyse axé sur les risques afin de déterminer les enjeux en matière de gestion et de les classer par ordre de priorité, et de servir de base à l'élaboration d'objectifs de conservation, de stratégies de gestion et de plans d'action pour les ZEGO et les ZPM.

Un cadre pour déterminer, choisir et classer par ordre de priorité les indicateurs fondés sur les risques dans la ZPM CHE à l'aide des résultats d'une évaluation du risque écologique comme intrants a été proposé par Davies *et al.* (2011) et examiné par la suite (MPO 2011). Un CERE (O *et al.* 2015) a été élaboré pour évaluer le risque de dommages aux CIE par les activités anthropiques et les agents de stress connexes, et a été appliqué à la ZPM CHE (MPO 2015). Les principaux renseignements produits par le CERE sont une liste de CIE dans la ZPM CHE classées par risque cumulatif de dommages, et la détermination des agents de stress qui induisent ces risques. La liste de classement des CIE et l'information sur les facteurs de risque (agents de stress) sont nécessaires pour soutenir l'élaboration d'indicateurs fondés sur les risques. Les indicateurs fondés sur les risques serviront à surveiller les progrès réalisés par rapport à l'atteinte des objectifs de conservation dans la ZPM CHE, tandis que les activités et les agents de stress qui régissent la notation des risques serviront de fondement à l'élaboration de plans de surveillance.

Le Programme des océans du MPO a demandé l'avis du Secteur des sciences du MPO sur la sélection et l'établissement de la priorité des indicateurs fondés sur les risques dans la ZPM CHE. La détermination des indicateurs, des stratégies de surveillance et des plans pour évaluer l'atteinte des objectifs de conservation constitue une composante fondamentale de la planification des ZPM et de leur mise en œuvre dans les eaux marines canadiennes du Pacifique. Les indicateurs proposés par l'entremise de ces travaux pour la ZPM CHE pourront être utilisés une fois que les objectifs de conservation opérationnels auront été établis.

Zone de protection marine du champ hydrothermal Endeavour

La ZPM CHE est située sur la crête de Juan de Fuca, à environ 250 km au sud-ouest de l'île de Vancouver, à une profondeur d'environ 2 250 m dans le nord-est de l'océan Pacifique (figure 1). La ZPM est centrée à 47° 57' N 129° 06' O et couvre une superficie d'environ 100 km^2 à l'intérieur de ses limites. La zone Endeavour est l'un des dix sites hydrothermaux de la crête de Juan de Fuca et forme un secteur composé d'un fond marin et de cheminées hydrothermales actifs sur le plan sismique. Bien que la plupart des sites de ventilation le long de la crête de Juan de Fuca affichent une activité volcanique et sont soumis à des perturbations périodiques qui limitent le développement des champs hydrothermaux, le segment Endeavour est dominé par la tectonique et est exposé à une certaine perturbation magmatique. Le champ hydrothermal Endeavour est le plus grand et possiblement le plus ancien site sur la crête de Juan de Fuca et, en conséquence, il affiche la plus grande diversité (Tunnicliffe *et al.* 1996).

Le champ hydrothermal Endeavour a été découvert en 1982 et a été désignée comme la première ZPM en vertu de la *Loi sur les océans* du Canada en mars 2003. La ZPM englobe cinq principaux champs de griffons : Mothra, Main Endeavour, High Rise, Salty Dawg et Sasquatch, et deux champs mineurs, Clam Bed et Québec. Les champs de griffons peuvent être subdivisés en complexes de griffons (p. ex., le complexe The Faulty Towers du champ de griffons Mothra) et, au sein de ces complexes, des cheminées individuelles soutiennent de nombreux sites hydrothermaux individuels (p. ex., figure 2). Chacun des principaux champs est désigné comme une zone de gestion et certains servent à l'échantillonnage (Main Endeavour et Mothra) et d'autres (Salty Dawg et High Rise) sont des

zones d'« observation seulement », ce qui permet de poursuivre la recherche à long terme (Banoub 2010).

ÉVALUATION

Résultats du Cadre d'évaluation du risque écologique

Onze CIE (six CIE relatives aux espèces, quatre CIE relatives aux habitats, et une CIE relative aux communautés) et vingt agents de stress liés aux navires, à la recherche et aux relevés sismiques ont été définis au cours de la phase d'établissement de l'application du CERE à la ZPM CHE (Thornborough *et al.*[1]). Les agents de stress ont été classés comme étant *actuels* ou *potentiels* selon leur prévisibilité et la fréquence de leur occurrence. Les agents de stress *actuels* se manifestent de façon prévisible et relativement fréquente (p. ex., au moins une fois par année), tandis que l'occurrence des agents de stress *potentiels* est imprévisible dans le temps et l'espace, et leur fréquence est moindre qu'une fois l'an, par exemple une fois tous les 5 à 10 ans (MPO 2015).

Trois CIE relatives aux espèces (*Ridgeia piscesaeone* – flux élevé, *R. piscesae* – flux faible, et *Paralvinella sulfincola*) ainsi que les CIE relatives à la communauté benthique sur les gisements de myes présentent les estimations des cotes de risque cumulatif les plus élevées dans la ZPM CHE alors que trois CIE évaluées relatives à l'habitat (coulées basaltiques diffuses, cheminées inactives et cheminées d'évacuations actives) présentaient les estimations des cotes de risque cumulatif les plus basses (MPO 2015). Les débris, la perturbation du substrat (écrasement) au cours de l'échantillonnage, la perturbation du substrat (écrasement) lors de l'utilisation d'engins sous-marins et les espèces aquatiques envahissantes rapportées dans le cadre de l'utilisation d'engins sous-marins sont les agents de stress ayant reçu les cotes de PUISSANCE les plus élevées (cotes de risque cumulatif d'un agent de stress parmi toutes les CIE) (MPO 2015). Tous les agents de stress *potentiels* (c.-à-d. les déversements de pétrole, les espèces aquatiques envahissantes [EAE] et les débris) ont reçu les cotes de puissance les plus élevées dans la ZPM CHE. Ces cotes sont généralement associées à un haut degré d'incertitude particulièrement en ce qui a trait au facteur de la durée d'exposition de l'équation du risque, car celui-ci est évalué selon le principe de la pire éventualité.

Cadre de sélection des indicateurs

Les indicateurs fondés sur les risques sont utilisés pour surveiller le risque de dommages aux CIE découlant des activités anthropiques et des agents de stress connexes, et ils sont déterminés à l'aide des extrants d'un CERE appliqué à une zone précise. Les indicateurs fondés sur les risques peuvent être sélectionnés pour des CIE, des agents de stress et des interactions CIE/agents de stress, selon leur cote de risque relatif. Les incertitudes associées au risque relatif calculé aident à déterminer les lacunes dans les connaissances, et la division des agents de stress en agents de stress *actuels* (prévisibles et qui se produisent la plupart des années) et *potentiels* (imprévisibles et peu fréquents) permet de différencier l'approche en matière d'indicateurs de surveillance à différentes échelles temporelles (c.-à-d. événement unique ou surveillance de la série chronologique).

Le cadre pour la sélection des indicateurs fondés sur les risques (figure 3) utilise les résultats de l'application du CERE et comprend trois étapes :

(1) l'établissement de l'ordre de priorité des CIE et des agents de stress d'après les résultats de l'application du CERE (estimation du risque cumulatif et incertitude);

[1] Thornborough, K., Rubidge, E. et O, M. Ecological Risk Assessment for the Effects of Human Activities at Endeavour Hydrothermal Vents Marine Protected Area Sec. can. de consult. sci. de Pêches et Océans Canada, Doc. de rech. En cours de révision.

(2) la détermination des principaux facteurs de risque et de l'incertitude que les indicateurs doivent surveiller;

(3) la détermination des indicateurs qui répondent à plusieurs critères de sélection.

Les indicateurs des CIE ont été choisis en fonction des principaux paramètres de la taille de la population (ou de l'habitat) et de l'état de la population (ou de l'habitat), qui sont directement liés à la résilience dans l'équation du risque du CERE, où le changement aigu et le changement chronique correspondent à la taille de la population et à l'état de la population respectivement. Les indicateurs des agents de stress sont fondés sur les composantes de la durée d'exposition de l'équation du risque, y compris la répartition (superficie/profondeur), le caractère saisonnier (chevauchement temporel), et l'ampleur et la fréquence des perturbations (intensité). Les indicateurs ont été choisis pour toutes les CIE et les agents de stress ont été intégrés à des ensembles d'indicateurs *actuels* et *potentiels* pour les interactions entre les CIE, le cas échéant.

La sélection des indicateurs fondés sur les risques est un élément du cadre de gestion adaptative mis en œuvre par le MPO pour la ZPM CHE. Les indicateurs sont sélectionnés en fonction des résultats du CERE, et ils serviront à peaufiner les objectifs stratégiques des objectifs de conservation opérationnels et à élaborer des stratégies et des plans de surveillance. Le cadre de gestion adaptative est itératif et comporte des boucles de rétroaction entre de nombreuses étapes, lesquelles permettent d'inclure des données sur d'autres espèces (p. ex., escargots de mer prédateurs [*Buccinum thermophilum*]) ou des agents de stress (p. ex., exploration minière en eau profonde) présents dans la ZPM CHE, ou des renseignements sur les nouvelles technologies de surveillance qui doivent être réintroduites dans le cadre de gestion adaptative en vue de futures itérations de l'évaluation des risques, de l'évaluation des indicateurs, de la sélection de nouveaux indicateurs et du peaufinage des plans de surveillance.

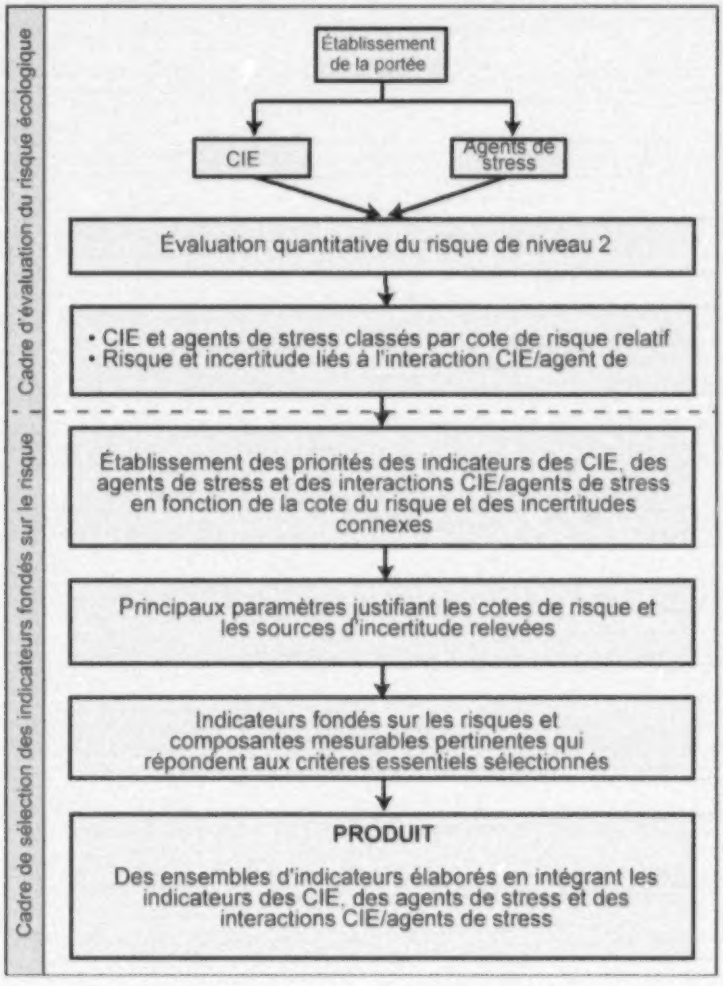

Figure 3. Aperçu du cadre utilisé pour sélectionner les indicateurs fondés sur les risques pour la ZPM CHE. L'aperçu montre le lien avec le CERE et la façon dont les résultats d'une application du CERE constituent les intrants nécessaires à la sélection des indicateurs.

Les indicateurs fondés sur les risques ont été choisis de façon à atteindre l'objectif de fournir des mesures utiles des CIE, des agents de stress et des interactions CIE/agents de stress dont il est question dans le CERE. Le processus de sélection a été guidé par les critères des indicateurs présentés dans la littérature scientifique, notamment :

(1) solidité théorique (preuve de l'utilisation);

(2) caractère mesurable et faisable;

(3) sensibilité aux changements d'un paramètre précis de l'écosystème;

(4) disponibilité des données historiques.

Trois autres critères – la rentabilité, la sensibilisation du public, ainsi que des liens avec des questions de gestion, des mesures et des cibles – ont également été définis, mais ils ne sont pas utilisés parce qu'ils sont liés à la mise en œuvre du programme et conviennent mieux au peaufinage de la liste des

indicateurs fondés sur les risques recensés ici, lorsque des stratégies et des plans de surveillance concrets ont été élaborés.

Les indicateurs pour les CIE et les agents de stress ont été choisis à partir de la littérature scientifique et des discussions avec des experts de la ZPM et étaient nécessaires pour remplir les quatre premiers critères énumérés ci-dessus. Le quatrième critère, la disponibilité des données historiques, n'a pas été jugé essentiel pour la sélection des indicateurs dans la ZPM CHE, car les données historiques sont limitées ou l'accès à ces données est limité à l'heure actuelle. Le critère sur les données historiques pourrait être un critère de sélection essentiel dans d'autres applications de ce cadre. Si un indicateur approprié n'était pas disponible dans la littérature scientifique ou ne pouvait être trouvé pour une CIE ou un agent de stress en particulier, une espèce/un habitat ou un agent de stress semblable a été utilisé respectivement. Le critère de sensibilité n'a pas été appliqué aux indicateurs des agents de stress, car les agents de stress ne réagissent pas à des changements de paramètres précis de l'écosystème. Une plus grande importance a plutôt été accordée au critère de données historiques pour les indicateurs des agents de stress.

Les 93 interactions entre les CIE et les agents des stress définis dans la ZPM CHE (Thornborough *et al.*[1]) ont été classées par ordre de priorité afin de réduire le nombre d'interactions avant le début de la sélection des indicateurs. Le processus d'établissement des priorités a permis de classer les interactions entre les CIE et les agents de stress en fonction de deux cotes de risque et d'incertitude, et a permis de catégoriser les interactions en priorité élevée, modérée et faible d'après les cotes de risque et d'incertitude. Des indicateurs ont été sélectionnés seulement pour les interactions de priorité élevée ou modérée. Les cotes de risque et d'incertitude ont été utilisées dans le cadre de ce processus, car les résultats de l'évaluation des risques ont révélé que l'incertitude peut renforcer la cote de risque, et il est important de comprendre les facteurs d'incertitude pour déterminer les lacunes dans les connaissances. Les interactions entre les CIE et les agents de stress ont été divisées en interactions *actuelles* et *potentielles* avant l'établissement des priorités afin d'éviter que l'ensemble définitif des indicateurs soit dominé par des interactions *potentielles*. Les interactions *actuelles* et *potentielles* sont requises pour la sélection des indicateurs, car chacune met en évidence les différentes lacunes en matière d'information et les besoins relatifs à la surveillance et à la gestion.

Indicateurs fondés sur les risques

Les CIE présentant les mêmes caractéristiques du cycle biologique ont été regroupées, et des ensembles d'indicateurs ont été élaborés, à la fois pour les agents de stress *actuels* (tableau 1) et les agents de stress *potentiels* (tableau 2). Cela fournit aux gestionnaires différentes options à partir desquelles faire un choix, pendant que les stratégies et les plans de surveillance sont mis au point et peaufinés. Les indicateurs propres aux CIE et aux agents de stress présentés dans l'ensemble final d'indicateurs ont fait l'objet d'un processus de peaufinage supplémentaire, où seuls les indicateurs qui peuvent aider à éclairer l'interaction CIE/agents de stress ont été inclus. L'ensemble d'indicateurs proposé pour les interactions CIE/agents de stress *actuelles* et *potentielles* est présenté aux tableaux 1 et 2 respectivement. Les composantes mesurables de ces indicateurs, qui décrivent de quelle façon l'indicateur est mesuré, sont présentées en annexe. L'inclusion de ces indicateurs des interactions CIE/agents de stress, propres aux CIE, et propres à des agents de stress dans les ensembles sert deux objectifs :

(1) proposer d'autres options si aucun indicateur propre à l'interaction ne peut être mesuré;

(2) puisque les bases de référence n'ont pas été établies, les renseignements recueillis par l'intermédiaire de la surveillance des indicateurs propres aux agents de stress et aux CIE permettront de créer des valeurs de référence à partir desquelles les tendances des relevés subséquents pourront orienter la gestion des objectifs de conservation.

Les indicateurs fondés sur les interactions CIE/agents de stress *actuelles* et *potentielles* posent un autre type de risque et demandent des connaissances particulières et ils pourraient nécessiter des approches de gestion différentes.

*Tableau 1. Ensembles d'indicateurs proposés pour les interactions CIE/agents de stress actuelles dans la ZPM CHE, présentés d'après l'ordre approximatif des résultats de l'établissement des priorités. Seules les interactions à priorité modérée et élevée sont présentées. Une **CIE** en gras est seulement touchée par **l'agent de stress** en gras y correspondant.*

CIE	Activité	Agent de stress	Indicateur de l'interaction CIE/agents de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à l'agent de stress
Ridgeia piscesae (flux élevé) *Paralvinella sulfincola* *Ridgeia piscesae* (flux faible)	Échantillonnage	Retrait d'organismes	• Biomasse des organismes prélevés • Taille de la cicatrice d'échantillonnage • Richesse et diversité des espèces et de la communauté (à utiliser lors de la surveillance de la série chronologique – et non pas lors d'un événement unique)	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté • Génétique	• Biomasse • Exposition potentielle maximale (nombre d'échantillons admissibles) • Superficie d'organismes prélevés
		Perturbation du substrat (écrasement)	• Abondance/densité de la population de la communauté échantillonnée • Taille de la cicatrice d'échantillonnage • Mort des organismes environnants (modification du débit des fluides)	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté	• Proportion (en %) de la superficie échantillonnée écrasée • Fréquence des échantillonnages potentiels
Ridgeia piscesae (flux élevé) *Paralvinella sulfincola*	Utilisation d'engins sous-marins	Perturbation du substrat (écrasement)	• Abondance d'organismes affichant des symptômes d'écrasement • Superficie totale de la zone écrasée	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté	• Proportion (en %) de la zone écrasée • Fréquence des répercussions potentielles
Ridgeia piscesae (flux faible)	Abandon d'équipement	Contamination accrue	• Abondance (étendue aréale) des communautés montrant des signes de stress • Richesse des espèces/ présence de maladie/stress • Changement dans la diversité génétique	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté	• Types de contaminants potentiels • Durée de l'exposition
Cheminées minérales inactives **Cheminées d'évacuation minérales actives**	Utilisation d'engins sous-marins	**Perturbation du substrat (écrasement)**	• Superficie de la zone écrasée sur chaque cheminée • Nombre de collisions produisant un panache particulièrement visible	• Portée et répartition • Dommages physiques	• Proportion (en %) de la zone écrasée • Fréquence des répercussions potentielles
	Échantillonnage	Perturbation du substrat (écrasement)	• Zone échantillonnée/ superficie de la cicatrice d'échantillonnage	• Portée et répartition • Dommages physiques	• Proportion (en %) de la zone écrasée • Fréquence des échantillonnages potentiels

CIE	Activité	Agent de stress	Indicateur de l'interaction CIE/agents de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à l'agent de stress
Communauté benthique de gisements de myes	Échantillonnage	Retrait d'organismes	• Biomasse des organismes prélevés • Taille de la cicatrice d'échantillonnage • Richesse et diversité des espèces et de la communauté (à utiliser lors de la surveillance de la série chronologique – et non pas lors d'un événement unique)	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté • Biomasse	• Biomasse • Exposition potentielle maximale (nombre d'échantillons admissibles) • Superficie d'organismes prélevés
		Perturbation du substrat (écrasement)	• Abondance d'organismes affichant des symptômes d'écrasement • Superficie totale de la zone écrasée	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté	• Proportion (en %) de la zone écrasée • Fréquence des échantillonnages potentiels
		Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	• Changement dans l'abondance/ la portée • Abondance (étendue aréale) de la communauté montrant des signes d'étouffement/stress	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté	• Hausse maximale des sédiments en suspension • Fréquence des échantillonnages potentiels
	Abandon d'équipement	Contamination accrue	• Abondance (étendue aréale) des communautés montrant des signes de stress • Richesse des espèces/ présence de maladie/stress • Changement dans la diversité génétique	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté	• Types de contaminants potentiels • Durée de l'exposition

Tableau 2. Ensembles d'indicateurs proposés pour les interactions CIE/agents de stress potentielles dans la ZPM CHE, présentés d'après l'ordre approximatif des résultats de l'établissement des priorités. Seules les interactions à priorité modérée et élevée sont présentées. Une ***CIE*** *en gras est seulement touchée par* ***l'agent de stress*** *en gras y correspondant.*

CIE	Activité	Agent de stress	Indicateur de l'interaction CIE/agents de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à l'agent de stress
Ridgeia piscesae (flux faible) *Lepetodrilus furensis* ***Paralvinella sulfincola***	Utilisation d'engins sous-marins	Espèces aquatiques envahissantes	• Présence d'espèces aquatiques envahissantes dans les communautés de CIE	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté	• Fréquence de l'exposition potentielle • Occurrence/ abondance des espèces aquatiques envahissantes
	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures	• Abondance d'organismes affichant des symptômes de stress • Richesse des espèces/ présence de maladie/stress • Changement dans la diversité génétique	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté • Génétique	• Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM CHE • Volume du déversement d'hydrocarbures • Type d'hydrocarbures
	Rejets	**Débris**	• Superficie de la zone écrasée/ taille des débris	• Abondance • Richesse des espèces et diversité de la communauté	• Abondance relative des débris • Caractérisation des débris

CIE	Activité	Agent de stress	Indicateur de l'interaction CIE/agents de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à l'agent de stress
Cheminées minérales inactives Cheminées d'évacuation minérales actives	Rejets	Débris	• Superficie de la zone écrasée/taille des débris	• Portée et répartition • Dommages physiques	• Abondance relative des débris • Caractérisation des débris
Communauté benthique de gisements de myes	Rejets	Débris	• Superficie de la zone écrasée/taille des débris	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté	• Abondance relative des débris • Caractérisation des débris
	Utilisation d'engins sous-marins	Espèces aquatiques envahissantes	• Abondance d'organismes affichant des symptômes de stress	• Abondance • Santé des organismes • Richesse des espèces et diversité de la communauté	• Fréquence de l'exposition potentielle • Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes
	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures	• Abondance d'organismes affichant des symptômes de stress • Richesse des espèces/présence de maladie/stress	• Santé/état • Abondance • Richesse des espèces	• Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM CHE • Volume du déversement d'hydrocarbures • Type d'hydrocarbures

Les indicateurs *actuels* (tableau 1) mesurent en grande partie les interactions CIE/ agents de stress directes et peuvent être surveillés en même temps que la collecte d'information générale afin d'établir les bases de référence de la population. Les indicateurs les plus instructifs des interactions *actuelles* sont les indicateurs des interactions CIE/agents de stress, suivis par les indicateurs des CIE, puis les indicateurs des agents de stress. La surveillance des indicateurs des CIE ou des agents de stress pris isolément permettra de réduire les incertitudes concernant la spécificité de ces mesures à une interaction CIE/agents de stress.

Les indicateurs des interactions CIE/agents de stress *potentielles* (tableau 2) s'appliquent d'ordinaire moins précisément à l'interaction CIE/agents qu'aux indicateurs des interactions *actuelles*. Cet ensemble d'indicateurs repose sur la surveillance distincte de la CIE ou de l'agent de stress, en raison de la présence imprévisible de ces agents de stress, du niveau élevé d'incertitude concernant l'exposition et les conséquences de ces interactions, et du manque de données de référence établies pour mesurer l'impact. Les indicateurs des CIE sont plus étroitement liés aux mesures de l'abondance, et les indicateurs des agents de stress mesurent l'exposition possible à l'agent de stress une fois que l'événement a eu lieu (p. ex., déversement d'hydrocarbures).

Les essais de rendement de ces indicateurs devraient être effectués soit au moyen d'une méthode d'évaluation officielle, comme des analyses rétrospectives fondées sur la théorie de détection de signaux, ou d'une gestion fondée sur les règles avec une surveillance et des mesures de contrôle (Rochet et Rice 2005). Les indicateurs proposés peuvent être évalués en fonction de leur capacité à suivre les propriétés d'intérêt (dans le cas présent, les impacts des agents de stress, et l'établissement de bases de référence sur la population pour les CIE) et de leur capacité à détecter ou à prévoir des tendances dans les paramètres (Jennings 2005).

Les indicateurs liés aux mesures de l'abondance sont proposés dans la plupart des ensembles d'indicateurs, ce qui fait ressortir une importante lacune dans les données sur la ZPM CHE : la nécessité d'établir des données de référence pour toutes les CIE. Une activité de recherche est réalisée sur le site depuis 1984, mais l'utilité des données recueillies pendant ces campagnes d'échantillonnage n'a pas été cataloguée ni évaluée dans le contexte de l'établissement des changements historiques au fil du temps jusqu'à aujourd'hui. Une fois les bases de références établies, les changements dans la taille et l'état de la population pourront être mesurés et surveillés à l'avenir, et associés à des agents de stress anthropiques. Ce processus est particulièrement important pour les interactions CIE/agents de stress, puisqu'il est impossible de surveiller les incidences potentielles de ces interactions imprévisibles jusqu'à ce que l'événement se produise.

La détermination des indicateurs, des stratégies de surveillance et des plans pour évaluer l'atteinte des objectifs de conservation constitue une composante fondamentale de la planification des ZPM et de leur gestion dans les eaux marines canadiennes du Pacifique. Le peaufinage des objectifs de conservation en objectifs opérationnels SMART (stratégiques, mesurables, réalisables, réalistes et limités dans le temps) a habituellement lieu avant la définition des indicateurs dans le cadre du processus de gestion adaptative. Les indicateurs proposés pour la ZPM CHE sont fondés sur les meilleures connaissances disponibles sur l'élaboration et la surveillance des indicateurs et pourront être utilisés une fois que les objectifs de conservation opérationnels auront été établis. Bien que la corrélation entre les indicateurs proposés et les objectifs de conservation opérationnels demeure inconnue, le vaste éventail d'indicateurs devrait permettre de trouver des corrélations pertinentes. L'efficacité de ces indicateurs à mesurer les changements pour les CIE découlant d'interactions avec les agents de stress ne sera pas pleinement déterminée avant le début de la collecte des données et l'analyse de celles-ci. Ce processus peut être mis en œuvre plus tôt pour les interactions CIE/agents de stress *actuelles*, tandis que les interactions *potentielles* ne peuvent être évaluées tant que l'agent de stress ne s'est pas manifesté. Les objectifs de conservation opérationnels peuvent être élaborés en même temps que des stratégies et des plans de surveillance à l'aide d'une combinaison des résultats de l'évaluation des risques et de l'établissement des priorités des interactions CIE/agents de stress déterminées lors de cette application du cadre de sélection des indicateurs fondés sur les risques.

Sources d'incertitude

Les indicateurs établis pour la ZPM CHE peuvent être utilisés afin de surveiller les répercussions directes ou les modifications aux CIE. La détermination des indicateurs pour surveiller les répercussions indirectes ou les changements associés aux interactions écologiques est complexe et n'a pas été tentée.

Les indicateurs fondés sur les risques ont été sélectionnés avant l'élaboration des objectifs de conservation opérationnels pour la ZPM CHE. La corrélation entre les indicateurs et les objectifs n'est pas connue à l'heure actuelle, bien que les ensembles d'indicateurs proposés soient suffisamment vastes pour qu'il y ait des corrélations.

Les CIE et les agents de stress qui ont été éliminés au cours de la phase d'établissement de la portée du CERE ou qui ont été exclus du CERE parce qu'ils ne sont pas gérables à l'échelle de la ZPM (p. ex., les espèces de passage comme les mammifères marins ou les oiseaux, les agents de stress naturels) n'ont pas été pris en considération dans la sélection des indicateurs fondés sur les risques.

La quantité élevée d'espèces endémiques dans la ZPM CHE – une caractéristique clé – n'est pas représentée dans l'application du CERE ou les ensembles d'indicateurs proposés. Cette caractéristique pourrait être intégrée dans les prochaines itérations.

CONCLUSIONS ET AVIS

Les ensembles d'indicateurs fondés sur les risques proposés pour les agents de stress *actuels* (prévisibles et qui se déroulent la plupart des années) et les agents de stress *potentiels* (imprévisibles et qui se produisent rarement) peuvent soutenir l'élaboration de stratégies et de plans pour surveiller les répercussions des activités anthropiques dans la ZPM CHE. Il est recommandé que les indicateurs des deux catégories d'agent de stress (*actuels* et *potentiels*) soient considérés comme représentant chacun différents types de risques, états de connaissances et exigences pour une surveillance efficace.

Le cadre pour la sélection des indicateurs fondés sur les risques décrit clairement les procédures à suivre pour choisir et établir l'ordre de priorité des indicateurs, ainsi que le processus décisionnel dans le contexte de l'application du cadre. Ces éléments du cadre de gestion appuient l'obtention de résultats comparables entre les utilisateurs et lorsqu'il est appliqué à d'autres ZPM ou unités de gestion.

Les indicateurs liés aux mesures de l'abondance sont proposés dans la plupart des ensembles d'indicateurs, ce qui fait ressortir une importante lacune dans les données sur la ZPM CHE : la nécessité d'établir des données de référence (p. ex., biologie, habitat) pour toutes les CIE. Il est recommandé que des données de référence adéquates soient recueillies à l'avenir, et que la disponibilité de l'information rétrospective tirée des activités de recherche qui remontent à 1984 soit examinée, cataloguée et évaluée en fonction de son utilité à établir des changements temporels de référence au fil du temps.

Il est recommandé de surveiller simultanément une combinaison des interactions CIE/agents de stress, les CIE, de même que les agents de stress, car il est nécessaire d'établir des données de référence sur les CIE et de mesurer l'impact de la perturbation en même temps afin de séparer la variation naturelle de la variation anthropique. La surveillance des indicateurs des CIE et des agents de stress fournit des données de référence, et la surveillance de ces indicateurs fournit de l'information sur les perturbations.

Les indicateurs des interactions CIE/agents de stress *potentielles* sont moins précis que les indicateurs des interactions CIE/agents de stress *actuelles*. L'occurrence des agents de stress *potentiels* est imprévisible, et l'incertitude est élevée quant à l'exposition et aux conséquences de ces interactions lorsqu'elles se manifestent. Il est recommandé de considérer un processus en deux étapes pour surveiller les ensembles d'indicateurs des agents de stress *potentiels* :

(1) établir des données de référence sur l'abondance de la population et l'exposition possible à un agent de stress à l'aide d'indicateurs propres aux CIE et aux agents de stress avant l'occurrence de l'agent de stress;

(2) lorsque l'agent de stress *potentiel* se manifeste, utiliser les indicateurs des interactions CIE/agents de stress, et comparer ces valeurs avec les données de référence établies pour mesurer la perturbation.

Il est recommandé que les protocoles d'échantillonnage des indicateurs dans la ZPM CHE mettent l'accent sur des méthodes d'échantillonnage non destructives, y compris l'utilisation d'outils à distance comme les câbles d'observation, et que les champs de griffons soient considérés comme un échantillon pour la collecte de données (conformément à la pratique actuelle). Une approche progressive est recommandée afin de réduire au minimum la fréquence et l'étendue de la surveillance destructrice. Par exemple, pour estimer la biomasse des CIE, il vaut mieux s'en tenir aux périodes et aux emplacements de la surveillance visuelle en cours.

Il est recommandé qu'une approche itérative soit utilisée pour élaborer les objectifs de conservation opérationnels afin de préciser la liste des indicateurs proposés, et sélectionner les indicateurs écosystémiques dans la ZPM CHE.

On recommande que le rendement des indicateurs proposés soit évalué en fonction de leur capacité à suivre les propriétés d'intérêt (dans le cas présent, les impacts des agents de stress et l'établissement de bases de référence sur la population pour les CIE) et de leur capacité à détecter ou à prévoir des tendances dans les paramètres.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion des 20 et 21 mai 2015 sur l'Élaboration d'indicateurs fondés sur les risques pour les zones de protection marines du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) et du champ hydrothermal Endeavour à l'aide du cadre d'analyse du risque écologique. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques du secteur des Sciences de Pêches et Océans Canada (MPO)..

Banoub, J.H. 2010. Hydrothermal Vent Ecosystems. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/050. vi + 25 p. (Consulté le 3 juillet 2015).

Davies, S., O, M., Boutillier, J. 2011. Recommendations for indicator selection for SGaan Kinghlas Bowie Seamount Marine Protected Area. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/069. vi + 30 p. (Consulté le 3 juillet 2015).

Jennings, S. 2005. Indicators to support an ecosystem approach to fisheries. Fish Fish. 6: 212-232.

MPO. 2011. Indicateurs, protocoles et stratégies de surveillance pour la zone de protection marine du champ hydrothermal Endeavour. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/035. (Consulté le 3 juillet 2015).

MPO. 2015. Application d'un cadre d'analyse du risque écologique visant à guider la gestion écosystémique des zones de protection marine du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) et du champ hydrothermal Endeavour. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/037.

O, M., Martone, R., Hannah, L., Greig, L., Boutillier, B., Patton, S. 2015. An Ecological Risk Assessment Framework (ERAF) for Ecosystem-based Oceans Management in the Pacific Region. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/072. vii + 59 p. (Consulté le 3 juillet 2015).

Rochet, M.J., Rice, J.C. 2005. Do explicit criteria help in selecting indicators for ecosystem-based fisheries management? ICES J. Mar. Sci. 62: 528-539.

Tunnicliffe, V., Fowler, C.M.R., McArthur, A. 1996. Plate tectonic history and hot vent biogeography. *In* MacLeod, C., Tyler, P., Walker, C.L. (éd.), Tectonic, Magmatic, Hydrothermal and Biological Segmentation of Mid-Ocean Ridges. Geol. Soc. Spec. Publ. 118: 225-238.

ANNEXE

Tableau A1. Indicateurs de CIE proposés dans la ZPM CHE et leurs composantes mesurables.

CIE			Paramètre clé	Indicateur	Composante mesurable
CIE relatives aux espèces	Invertébrés sessiles/ à faible mobilité	*R. piscesae* (flux élevé) *R. piscesae* (flux faible) *P. sulfincola* *P. palmiformis* *L. fucensis*	Taille de la population	Abondance	• % de la couverture de l'espèce/communauté par cheminée/griffon
				Biomasse	• Poids/aire unitaire
			État de la population	Richesse et diversité de la communauté d'espèces	• Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique) appliquées aux communautés d'espèces
				Santé des organismes	• % de la population montrant des signes visibles de stress/maladie (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance. La succession des communautés dans le débit hydrothermal changeant peut brouiller les résultats de cet indicateur)
				Génétique	• Délimitation de la population
	Invertébrés mobiles	*M. macrochira*	Taille de la population	Abondance	• Nombre moyen • Répartition par fréquence de taille
			État de la population	Santé/état	• Blessures visibles à l'organisme ou indicateurs comportementaux (p. ex., comportement alimentaire, réflexes)
CIE relatives aux communautés	Habitat benthique	Communauté benthique de gisements de myes	Taille de la communauté	Abondance	• Superficie occupée par la communauté (% de couverture, m^2)
				Biomasse	• Poids/superficie (Remarque : non recommandé pour l'instant)
			État de la communauté	Diversité et richesse des espèces	• Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique)
				Santé des organismes	• % de la population montrant des signes visibles de stress/maladie (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance. La succession des communautés dans le débit hydrothermal changeant peut brouiller les résultats de cet indicateur)

CIE			Paramètre clé	Indicateur	Composante mesurable
CIE relatives à l'habitat	Cheminées	Cheminées minérales inactives Cheminées d'évacuation minérales actives	Taille de l'habitat	Portée et répartition	• L'étendue et la répartition des cheminées (actives et inactives) changent sur de longues périodes, et les changements découlent habituellement d'une perturbation tectonique. Cependant, l'établissement de l'étendue et de la répartition actuelles des habitats est nécessaire afin d'établir une base de référence
			État de l'habitat	Dommages physiques	• % des cheminées modifiées • % de cheminées individuelles modifiées • Changements artificiels dans le débit hydrothermal
	Habitat benthique	Coulées diffuses	Taille de l'habitat	Portée et répartition	• L'abondance des communautés microbiennes benthiques est fortement associée à cet habitat, au même titre que certaines communautés à faible débit. Ces éléments peuvent être utilisés comme un indicateur pour localiser et cartographier cet habitat
			État de l'habitat	Il n'y a pas d'indicateur de l'intégrité structurelle ni de l'état des coulées diffuses	

Tableau A2. Indicateurs proposés et composantes mesurables pour les activités anthropiques et les agents de stress connexes reconnus pour avoir lieu dans la ZPM CHE.

Activité	Agent de stress	Indicateur	Composante mesurable
Rejets	Débris	Abondance relative des débris	• Fréquence d'occurrence (nombre/distance étudiée) • Masse de débris récupérés (programmes de nettoyage)
		Caractérisation des débris	• Types et taille des débris
Échantillonnage	Retrait d'organismes	Biomasse	• Poids/aire unitaire des organismes échantillonnés (prélevés) • Proportion (en %) de l'habitat biogénique retiré
		Exposition maximale possible - Nombre d'échantillons autorisés	• Nombre de missions de recherche impliquant un échantillonnage par année x nombre maximal d'échantillons autorisés
		Superficie d'organismes prélevés (CIE relatives aux organismes benthiques sessiles)	• % de la superficie d'organisme prélevés
	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	• p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	• p. ex., unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond
	Perturbation du substrat (écrasement)	Superficie écrasée - Proportion (en %) de la zone écrasée	• m^2 • Superficie de la cicatrice d'échantillonnage
		Fréquence des incidences potentielles	• Nombre d'événements d'échantillonnage
Utilisation d'engins sous-marins	Espèces aquatiques envahissantes	Fréquence de l'exposition potentielle	• Nombre de sites de plongée par sortie • Existence de protocoles de nettoyage/rinçage de l'équipement entre les sites de plongée
		Richesse des espèces aquatiques envahissantes	• Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, indice de biodiversité de Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique)
		Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	• Nombre total d'espèces non indigènes avec des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans l'aire de répartition) • Aire couverte/zone touchée • Nombre par m^2
		Biomasse des espèces aquatiques envahissantes	• Poids/aire unitaire
	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	• p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	• p. ex., unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond
		Fréquence d'exposition à des collisions potentielles	• Nombre de collisions
	Perturbation du substrat (écrasement)	Superficie écrasée	• Proportion (en %) de la zone écrasée • m^2
		Fréquence des répercussions potentielles	• Nombre de collisions

Activité	Agent de stress	Indicateur	Composante mesurable
Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures	Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM CHE	• Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille de 5 km x 5 km
		Volume d'hydrocarbures déversés	• Superficie x épaisseur minimale
		Type d'hydrocarbures	• Détermine la superficie benthique, superficielle ou de la colonne d'eau P. ex., bitume – couverture superficielle des habitats benthiques, hydrocarbures – déversement en surface seulement
Installation de l'équipement	Perturbation du substrat (écrasement)	Superficie écrasée Proportion (en %) de la zone écrasée	• m^2 • Empreinte de l'équipement
		Fréquence des répercussions potentielles	• Nombre d'activités d'installation
	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	• p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	• p. ex., unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond
Abandon d'équipement	Contaminants	Proportion d'échantillons d'eau dépassant les normes concernant les paramètres d'intérêt de la qualité de l'eau	• p. ex., indice de la qualité de l'eau du CCME
		Types de contaminants potentiels	• Liens avec la composition et le type d'équipement
		Durée de l'exposition	• Période écoulée depuis l'installation
Levés sismiques/canons à air	Émissions sonores	Distance de la ZPM CHE	• Relation distance-effet pour tous les taxons, surtout les œufs et les larves
		Coups de feu (canons à air)	• Niveau de bruit auquel sont exposés les invertébrés sessiles et effets sur ces organismes (en raison des changements de la bathymétrie, certaines zones pourraient être plus touchées que d'autres)
		Modèles de propagation du son	• Les mesures acoustiques dans le milieu environnant et à distance sont encouragées dans le cadre des activités sismiques

Tableau A3. Indicateurs proposés et composantes mesurables connexes des interactions CIE/agents de stress actuelles dans la ZPM CHE. Une ***CIE*** *en gras est seulement touchée par* ***l'agent de stress*** *en gras y correspondant.*

CIE			Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur	Composante mesurable	Collecte de données
Espèces	Invertébrés sessiles/à faible mobilité	*Ridgeia piscesae* (flux élevé) *Paralvinella sulfincola* *Ridgeia piscesae* (flux faible)	Échantillonnage	Retrait d'organismes	Taille de la population	Abondance et densité de la population	• % de la couverture de l'espèce/de la communauté d'espèces aux griffons échantillonnés	• Une combinaison de données des relevés visuels et vidéos ainsi que la taille de l'échantillon documenteront cet indicateur Les bases de référence de la population rendront cette mesure beaucoup plus exacte
						Taille de la cicatrice d'échantillonnage	• Étendue aréale de la cicatrice d'échantillonnage	• Mesures tirées de journaux de vidéo d'échantillonnage sous-marin (taille de la cicatrice découlant d'un échantillonnage) • Relevés visuels de sites échantillonnés dans le cadre d'une série chronologique (sites d'échantillonnage revisités)
					État de la population	Biomasse des organismes prélevés	• Poids/superficie des organismes échantillonnés (prélevés) • Proportion (en %) de l'habitat biogénique retiré	• Des données sont disponibles sur les échantillons prélevés • Elles doivent être utilisées de concert avec la taille de la cicatrice d'échantillonnage et l'abondance • La population de référence devrait être établie avant l'échantillonnage
				Perturbation du substrat (écrasement)	Taille de la population	Abondance/ densité de la population d'une communauté échantillonnée	• Superficie de la cicatrice d'échantillonnage	• Une combinaison de données des relevés visuels et vidéos ainsi que la taille de l'échantillon documenteront cet indicateur
						Richesse et diversité de la communauté d'espèces	• Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique) appliquées aux communautés d'espèces	• Relevés visuels et activités d'échantillonnage
					État de la population	Santé des organismes	• % de la population montrant des signes visibles de stress/maladie (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres	• Relevés visuels et activités d'échantillonnage • Nécessite certains renseignements de base

CIE	Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur	Composante mesurable	Collecte de données
					indicateurs et la surveillance. La succession des communautés dans le débit hydrothermal changeant peut brouiller les résultats de cet indicateur)	
Ridgeia piscesae (flux élevé) *Paralvinella sulfincola*	Utilisation d'engins sous-marins	Perturbation du substrat (écrasement)	Taille de la population	Superficie écrasée	• Proportion (en %) de la zone écrasée • m^2	• Données vidéo d'un échantillonnage
			État de la population	Abondance d'organismes affichant des symptômes d'écrasement	• Proportion (en %) de la communauté • m^2	• Relevés visuels des organismes échantillonnés, après l'échantillonnage
Ridgeia piscesae (flux faible)	Abandon d'équipement	Contamin-ation accrue	Taille de la population	Abondance (% de la superficie) des espèces et des communautés montrant des signes de stress	• % de la population montrant des signes visibles de stress/maladie (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance. La succession des communautés dans le débit hydrothermal changeant peut brouiller les résultats de cet indicateur)	• Relevés visuels • Facilités par un échantillonnage L'échantillonnage serait probablement opportuniste
			État de la population	Changement dans la diversité génétique	• Délimitation génétique	• Nécessite des données de base sur les populations et l'échantillonnage d'extraction
				Richesse des espèces/présence de maladie/stress	• Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique)	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE • Relevés visuels

CIE			Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur	• Composante mesurable	• Collecte de données
Habitat	Cheminées	Cheminées minérales inactives **Cheminées d'évacuation minérales actives**	Utilisation d'engins sous-marins	Perturbation du substrat (écrasement)	Taille de l'habitat	Superficie de la zone écrasée sur chaque cheminée	• % de la communauté écrasée (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance. La succession des communautés dans le débit hydrothermal changeant peut brouiller les résultats de cet indicateur)	• Une combinaison des données des relevés visuels et vidéos ainsi que la taille de l'échantillon documenteront cet indicateur Les bases de référence de la population rendront cette mesure beaucoup plus exacte
					État de l'habitat	Collisions produisant un panache particulièrement visible	• Nombre de collisions produisant un panache de particules	• Tiré de vidéos de plongée sous-marine (comprend le post-traitement ou le protocole d'étiquetage du journal de plongée)
			Échantillon-nage	**Perturbation du substrat (écrase-ment)**	Taille de l'habitat	Superficie de la zone écrasée/taille de la cicatrice d'échantillonnage	• Étendue aréale de la zone écrasée en tant que proportion de l'abondance globale (superficie)	• Une combinaison des données des relevés visuels et vidéos ainsi que la taille de l'échantillon documenteront cet indicateur Les bases de référence de la population rendront cette mesure beaucoup plus exacte
					État de l'habitat	Type d'échantillon (Remarque : cette étape permet de déterminer dans quelle mesure la cheminée est touchée)	• Types d'échantillons physiques du CHE : géologique, biologique, eau/liquide	• Relevés visuels • Facilités par un échantillonnage L'échantillonnage serait probablement opportuniste
Communauté	Habitat benthique	Communauté benthique de gisements de myes	Échantillon-nage	Retrait d'organismes	Taille de la commun-auté	Abondance et densité de la population	• % de la couverture de l'espèce/de la communauté d'espèces aux griffons échantillonnés	• Une combinaison des données des relevés visuels et vidéos ainsi que la taille de l'échantillon documenteront cet indicateur Les bases de référence de la population rendront cette mesure beaucoup plus exacte
						Zone échantillonnée/ superficie de la cicatrice d'échantillonnage	• Étendue aréale de la cicatrice d'échantillonnage	• Mesures tirées de journaux de vidéo d'échantillonnage sous-marin (taille de la cicatrice découlant d'un échantillonnage) • Relevés visuels de sites échantillonnés dans le cadre d'une

CIE	Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur	• Composante mesurable	• Collecte de données
						série chronologique (sites d'échantillonnage revisités)
			État de la communauté	Biomasse des organismes prélevés	• Poids/superficie des organismes échantillonnés (prélevés) • Proportion (en %) de l'habitat biogénique retiré	• Des données sont disponibles sur les échantillons prélevés • Elles doivent être utilisées de concert avec la taille de la cicatrice d'échantillonnage et l'abondance • La population de référence devrait être établie avant l'échantillonnage
		Perturbation du substrat (écrasement)	Taille de la communauté	Superficie écrasée	• Proportion (en %) de la zone écrasée • m^2	• Combinaison de la taille de l'échantillon, de la taille mesurée (visuellement) de la cicatrice d'échantillonnage et de la méthode d'échantillonnage employée
			État de la communauté	Abondance d'organismes affichant des symptômes d'écrasement	• Proportion (en %) de la communauté • m^2	• Relevés visuels • Facilités par un échantillonnage L'échantillonnage serait probablement opportuniste
		Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Taille de la communauté	Changement dans l'abondance/ étendue aréale	• Proportion (en %) de la communauté • m^2	• Relevés visuels et activités d'échantillonnage • Nécessite certains renseignements de base
			État de la communauté	Abondance (étendue aréale) de la communauté montrant des signes d'étouffement /stress	• % de la population montrant des signes visibles de stress/maladie (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance. La succession des communautés dans le débit hydrothermal changeant peut brouiller les résultats de cet indicateur)	• Relevés visuels et activités d'échantillonnage • Nécessite certains renseignements de base
	Abandon d'équipement	Contamination accrue	Taille de la communauté	Abondance/ étendue de la communauté	• Étendue aréale (% de couverture), m^2	• Relevés visuels (submersible équipé de caméras vidéo), cartographie par système d'information géographique

CIE			Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur	• Composante mesurable	• Collecte de données
					État de la communauté	Richesse des espèces/présence de maladie/stress	• Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique)	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE • Relevés visuels
						Changement dans la diversité génétique	• Délimitation génétique	• Nécessite des données de base sur les populations et l'échantillonnage par extraction

*Tableau A4. Indicateurs proposés et leurs composantes mesurables pour les interactions CIE/agents de stress potentielles dans la ZPM CHE. Une **CIE** en gras est seulement touchée par **l'agent de stress** en gras y correspondant.*

CIE			Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur	Composante mesurable	Collecte de données
Espèces	Invertébrés sessiles/à faible mobilité	*Ridgeia piscesae* (flux faible) *Lepetodrilus furensis*	Utilisation d'engins sous-marins	Espèces aquatiques envahissantes	Taille de la population	Abondance des organismes morts ou présentant des dommages visibles	• Superficie (proportion) montrant des signes de maladie, de mortalité ou d'étouffement par des organismes	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre la source des espèces aquatiques envahissantes et les CIE • Des relevés visuels aideront à documenter cet élément
					État de la population	Changement de l'état/effets sublétaux	• Zone (proportion) montrant des signes de stress/de prédation accrue/de changements dans la reproduction	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre la source des espèces aquatiques envahissantes et les CIE • Des relevés visuels aideront à documenter cet élément
			Déversement d'hydrocarbures	Hydro-carbures	Taille de la population	Abondance	• Superficie des habitats	• Les effets des hydrocarbures sur ces organismes sont discutés dans la documentation, et l'utilisation de plusieurs indicateurs différents est recommandée • Relevés visuels • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE
						Abondance d'organismes affichant des symptômes de stress	• % de couverture de la zone stressée en tant que proportion de l'abondance globale (étendue) Échantillonnage par extraction et analyse	• Relevés visuels • Facilités par un échantillonnage L'échantillonnage serait probablement opportuniste
						Richesse des espèces/présence	• Mesures de la diversité (p. ex.,	• Nécessite des données de base sur les populations

CIE			Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur	Composante mesurable	Collecte de données
						de maladie/stress	Shannon, Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique)	• Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE • Relevés visuels
						Changement dans la diversité génétique	• Délimitation génétique	• Nécessite des données de base sur les populations et l'échantillonnage par extraction
		Paralvinella sulfincola	Rejets	**Débris**	Taille de la population	Superficie de la zone écrasée/taille des débris	• % de la zone écrasée en tant que proportion de l'abondance globale (étendue)	• Les levés océaniques n'ont pas utilisé des méthodes uniformes et ont été réalisés de façon sporadique à de petites échelles spatiales. Les estimations sont probablement des indicateurs tardifs de débris en direction de l'écosystème (Andrews et al. 2013)
					État de la population	On ne connaît pas d'indicateurs servant à mesurer le changement de l'état de la population découlant de l'écrasement par les débris		
Habitat	Cheminées	Cheminées minérales inactives	Rejets	Débris	Taille de l'habitat	Renversement/destruction de cheminée et présence de débris	• Proportion (en %) des cheminées examinées affichant des preuves d'écrasement pouvant être lié aux débris	• On ne connaît aucun indicateur pouvant établir un lien précis entre les débris et la perte de cheminées hydrothermales. Toutefois, l'écrasement de la cheminée a bel et bien eu lieu et serait attribuable à de gros débris lourds, qui seraient restés sur le dessus des cheminées jusqu'au relevé suivant. Des relevés visuels constitueraient une bonne méthode de collecte de données. La surveillance des indicateurs propres aux agents de stress « abondance relative et caractérisation des débris » aidera à documenter l'exposition des cheminées aux débris

CIE			Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur	Composante mesurable	Collecte de données
						Caractérisation et abondance relative des débris	• Fréquence d'occurrence (nombre/distance étudiée) • Masse de débris récupérés (programmes de nettoyage) • Type et taille des débris	• La surveillance des indicateurs propres aux agents de stress « abondance relative et caractérisation des débris », sans toutefois s'appliquer seulement à l'interaction CIE/agents de stress, aidera à documenter l'exposition des cheminées aux débris
		Cheminées d'évacuation minérales actives			État de l'habitat	Dommage physique sur la structure	• % des cheminées modifiées • % de cheminées individuelles modifiées • Changements artificiels dans le débit hydrothermal	• Relevés visuels, cartographie des structures de ventilation Il existe des données sur la répartition des débris (Ocean Networks Canada) Aucun débris n'a été vu en contact avec les griffons
Communauté	Habitat benthique	Commun-auté benthique de gisements de myes	Rejets	Débris	Taille de la communauté	Superficie de la zone écrasée/taille des débris	• Étendue aréale de la zone écrasée en tant que proportion de l'abondance globale (superficie)	• Les levés océaniques n'ont pas utilisé des méthodes uniformes et ont été réalisés de façon sporadique à de petites échelles spatiales. Les estimations sont probablement des indicateurs tardifs de débris en direction de l'écosystème (Andrews *et al.* 2013)
					État de la communauté	On ne connaît pas d'indicateurs servant à mesurer le changement de l'état de la population découlant de l'écrasement par les débris		
			Utilisation d'engins sous-marins	Espèces aquatiques enva-hissantes	Taille de la communauté	Abondance/ densité des espèces aquatiques envahissantes	• % de changement dans l'étendue de la communauté benthique des gisements de myes	• Nécessite une combinaison d'échantillonnages et de relevés visuels. Il reste des espèces à découvrir dans la ZPM CHE, et il faut les différencier des espèces aquatiques envahissantes. Les

CIE			Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur	Composante mesurable	Collecte de données
								résultats doivent être comparés aux autres sites visités en utilisant le même engin sous-marin pendant la même campagne de recherche.
					État de la communauté	Abondance/densité des espèces aquatiques envahissantes	• Superficie des habitats • Nombre d'individus, etc.	• Relevés visuels • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE
			Déversement d'hydrocarbures	Hydro-carbures	Taille de la communauté	Abondance	• Superficie des habitats	• Les effets des hydrocarbures sur ces organismes sont discutés dans la documentation, et l'utilisation de plusieurs indicateurs différents est recommandée • Relevés visuels • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE
						Abondance d'organismes affichant des symptômes de stress	• % de l'étendue de la communauté affichant des symptômes de stress	• Relevés visuels • Facilités par un échantillonnage L'échantillonnage serait probablement opportuniste
						Richesse des espèces/présence de maladie/stress	• Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique)	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE • Relevés visuels
						Changement dans la diversité génétique	• Délimitation génétique	• Nécessite des données de base sur les populations et l'échantillonnage par extraction

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : (250) 756-7208
Courriel: csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet: www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2015

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2015. Élaboration d'indicateurs fondés sur les risques pour la zone de protection marine du champ hydrothermal Endeavour à l'aide du cadre d'évaluation du risque écologique. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/053.

Also available in English:

DFO. 2015. Development of risk-based indicators for Endeavour Hydrothermal Vents Marine Protected Area using the ecological risk assessment framework. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2015/053.